

REC'D 21 FEB 2005

WIPO

PCT



IB/04/03731

Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:
INVENZIONE INDUSTRIALE N. PI 2003 A 000107 ✓

Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

08 FEB. 2005

Roma, li.....

IL FUNZIONARIO

Elena Marinelli
Sig.ra E. MARINELLI

BEST AVAILABLE COPY

MODULO A (1/2)

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI (U.I.B.M.)

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE N° ~~PI 2003 A 000056~~

PI 2003 A 0000107 ✓

A. RICHIEDENTE/I

COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1	Bergamasco Massimo		
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2	PF	COD. FISCALE PARTITA IVA	A3 BRGMSM56H02H037H
INDIRIZZO COMPLETO DI RESIDENZA	A4	V. Don Minzoni, 144 I - 56011 Castelmaggiore - Calci - PI		
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	A1	Salsedo Fabio		
NATURA GIURIDICA (PF/PG)	A2	PF	COD. FISCALE PARTITA IVA	A3 SLSEFA61118Z352S
INDIRIZZO COMPLETO DI RESIDENZA	A4	Viale Umberto Primo, 100 I - 04100 LATINA - LT		
A. RECAPITO OBBLIGATORIO IN MANCANZA DI MANDATARIO	B0	(D = DOMICILIO ELETTIVO, R = RAPPRESENTANTE)		
COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE	B1			
INDIRIZZO	B2			
CAP/LOCALITÀ/PROVINCIA	B3			
C. TITOLO	C1	DISPOSITIVO PER L'ESECUZIONE DI OPERAZIONI CHIRURGICHE MININVASIVE CON RITORNO DI FORZA		

D. INVENTORE/I DESIGNATO/I (DA INDICARE ANCHE SE L'INVENTORE COINCIDE CON IL RICHIEDENTE)

COGNOME E NOME	D1	Bergamasco Massimo
NAZIONALITÀ	D2	ITALIANA
COGNOME E NOME	D1	Salsedo Fabio
NAZIONALITÀ	D2	ITALIANA
COGNOME E NOME	D1	Spinelli Stefano
NAZIONALITÀ	D2	ITALIANA
COGNOME E NOME	D1	
NAZIONALITÀ	D2	

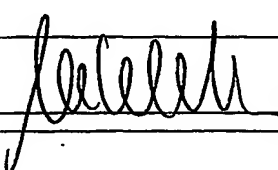


E. CLASSE PROPOSTA

SEZIONE	CLASSE	SOTTOCLASSE	GRUPPO	SOTTOGRUPPO
E1	E2	E3	E4	E5

F. PRIORITÀ

DERIVANTE DA PRECEDENTE DEPOSITO ESEGUITO ALL'ESTERO

STATO O ORGANIZZAZIONE	F1		TIPO	F2	
NUMERO DI DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	
STATO O ORGANIZZAZIONE	F1		TIPO	F2	
NUMERO DI DOMANDA	F3		DATA DEPOSITO	F4	
G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICROORGANISMI	G1				
FIRMA DEL/DEI RICHIEDENTE/I					

Dott. Ing. Marco Celestino
ABM Agenzia Brevetti & Marchi
iscritto all'albo n. 544

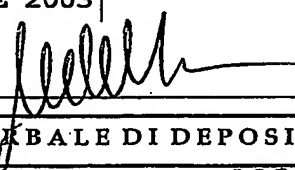
MODULO A (2/2)

I. MANDATARIO DEL RICHIEDENTE PRESSO L'UIBM

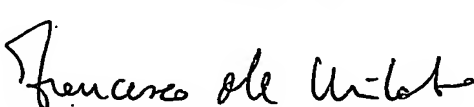
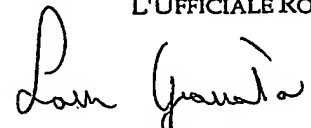
LA/E SOTTOINDICATA/E PERSONA/E HA/ HANNO ASSUNTO IL MANDATO A RAPPRESENTARE IL TITOLARE DELLA PRESENTE DOMANDA INNANZI ALL'UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI CON L'INCARICO DI EFFETTUARE TUTTI GLI ATTI AD ESSA CONNESSI (DPR 20.10.1998 N. 403).

NUMERO ISCRIZIONE ALBO COGNOME E NOME;	I1	ING. MARCO CELESTINO
DENOMINAZIONE STUDIO	I2	ABM, AGENZIA BREVETTI & MARCHI
INDIRIZZO	I3	VIALE GIOVANNI PISANO, 31
CAP/LOCALITA'/PROVINCIA	I4	56123 PISA
L. ANNOTAZIONI SPECIALI	L1	Nessuna

M. DOCUMENTAZIONE ALLEGATA O CON RISERVA DI PRESENTAZIONE

TIPO DOCUMENTO	N. ES. ALL.	N. ES. RIS.	N. PAG. PER ESEMPLARE
PROSPETTO A, DESCRIZ., RIVENDICAZ. (OBBLIGATORI 2 ESEMPLARI)	2		20
DISEGNI (OBBLIGATORI SE CITATI IN DESCRIZIONE, 2 ESEMPLARI)	2		7
DESIGNAZIONE D'INVENTORE			
DOCUMENTI DI PRIORITÀ CON TRADUZIONE IN ITALIANO			
AUTORIZZAZIONE O ATTO DI CESSIONE			
	(SI/NO)		
LETTERA D'INCARICO	SI		
PROCURA GENERALE			
RIFERIMENTO A PROCURA GENERALE			
	(LIRE/EURO)		
ATTESTATI DI VERSAMENTO	Euro	IMPORTO VERSATO ESPRESSO IN LETTERE DUECENTONOVANTUNO, 80 (291,80)	
FOGLIO AGGIUNTIVO PER I SEGUENTI PARAGRAFI (BARRARE I PRESCELTI) DEL PRESENTE ATTO SI CHIEDE COPIA AUTENTICA? (SI/NO)	A <input checked="" type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/>
SI CONCEDE ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO? (SI/NO)	SI		
	NO		
DATA DI COMPILAZIONE	14 NOVEMBRE 2003		
FIRMA DEL/DEI RICHIEDENTE/I			

Dott. Ing. Marco Celestino
ABM Agenzia Brevetti & Marchi
iscritto all'albo n. 544

VERBALE DI DEPOSITO			
NUMERO DI DOMANDA	PI 2003 A 0000107 ✓		
C.C.I.A.A. DI	PISA		
IN DATA	14.11.2003 ✓		
LA PRESENTE DOMANDA CORREDATA DI N.	FOGLI AGGIUNTIVI PER LA CONCESSIONE DEL BREVETTO SOPRA RIPORTATO.		
N. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE	NESSUNA		
IL DEPOSITANTE	L'UFFICIALE ROGANTE		
			



PROSPETTO MODULO A
DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE



NUMERO DI DOMANDA: P.2003 A 000090	DATA DI DEPOSITO: 16.11.2003
---	-------------------------------------

A. RICHIEDENTE/I COGNOME E NOME O DENOMINAZIONE, RESIDENZA O STATO

Bergamasco Massimo, V. Don Minzoni, 144 I - 56011 Castelmaggiore - Calci - PI

Salsedo Fabio, Viale Umberto Primo, 100 I - 04100 LATINA - LT

Spinelli Stefano, Via Maolina Traversa 3°, n. 406 I - 55100 LUCCA - LU

C. TITOLO

DISPOSITIVO PER L'ESECUZIONE DI OPERAZIONI CHIRURGICHE MININVASIVE CON RITORNO DI FORZA

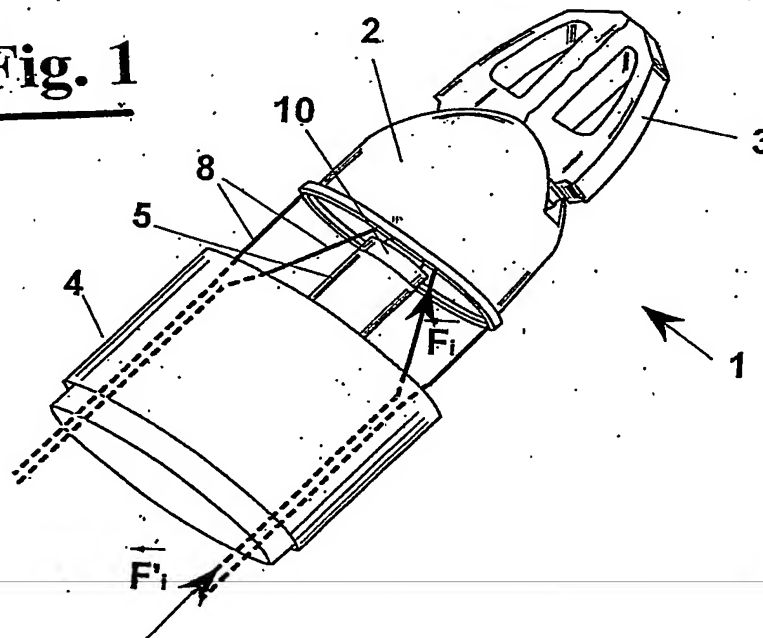
E. CLASSE PROPOSTA	SEZIONE	CLASSE	SOTTOCLASSE	GRUPPO	SOTTOGRUPPO

O. RIASSUNTO

Testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive (1) comprendente uno strumento chirurgico (3) montato su un supporto (2) girevolmente connesso ad una colonna centrale (5) solidale ad una base fissa (4), ad esempio, mediante un giunto sferico (10) che consente tre gradi di libertà rotazionale. In particolare, il supporto (2) può essere orientato rispetto alla colonna centrale (5) con un sistema di attuazione ridondante applicando quattro forze in punti eccentrici, ad esempio tramite cavi (8), e provocando la rotazione del supporto (2) attorno alla colonna centrale (5) tramite il giunto sferico (10) (figura 1).

P. DISEGNO PRINCIPALE

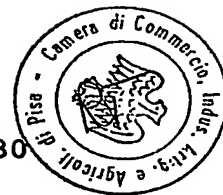
Fig. 1



FIRMA DEL/DEI
RICHIEDENTE/I

[Handwritten signature]

Dott. Ing. Marco Celestino
ABM Agenzia Brevetti & Marchi
iscritto all'albo n. 544



Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:
"DISPOSITIVO PER L'ESECUZIONE DI OPERAZIONI CHIRURGICHE
MININVASIVE CON RITORNO DI FORZA", a nome di

Bergamasco Massimo, residente a CALCI (PI)

5 Salsedo Fabio, residente a LATINA (LT)

Spinelli Stefano, residente a LUCCA (LU)

tutti di nazionalità Italiana.

===0===0===

DESCRIZIONE

10 Ambito dell'invenzione

La presente invenzione riguarda il settore della
chirurgia assistita dal calcolatore (Computer Aided
Surgery), ed in particolare si riferisce ad una testina per
l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive montabile
15 su un braccio manipolatore di un robot chirurgico comandato
in remoto da un operatore (teleoperazione chirurgica) o
utilizzabile come componente di attuazione di uno strumento
laparoscopico attivo.

In particolare, la presente invenzione si riferisce ad
20 un dispositivo per l'esecuzione di operazioni chirurgiche
mininvasive in grado di trasmettere un ritorno di forza
sull'operatore.

Descrizione della tecnica nota

Come è noto, la chirurgia mininvasiva consiste
25 nell'eseguire un intervento chirurgico, ad esempio
nell'addome o nel torace di un paziente, utilizzando
piccoli e sottili strumenti ed un endoscopio introdotto
nel corpo umano, minimizzando le dimensioni delle incisioni
per l'accesso al sito chirurgico. Le immagini rilevate



dall'endoscopio vengono mostrate sul monitor tramite il quale il chirurgo può osservare il sito chirurgico in tempo reale ed eseguire le operazioni necessarie.

Una tra le tecniche mininvasive più diffuse è la laparoscopia diffusasi grazie ai numerosi vantaggi che consente di ottenere rispetto alla chirurgia tradizionale, quali il minor trauma per il paziente, che comporta un minor tempo di ricovero, e la riduzione del rischio di contrarre infezioni. In generale le tecniche mininvasive presentano anche il vantaggio di ridurre i costi sanitari.

Le operazioni chirurgiche mininvasive possono essere svolte con successo, oltre che in modo manuale, anche con l'assistenza di una apparecchiatura robotica, o slave, dotato di bracci manipolatori comandati in remoto dal chirurgo tramite una speciale interfaccia di comando, o master. In tal modo, un chirurgo agendo sul master può condurre un'operazione chirurgica anche a notevole distanza dal paziente in corrispondenza del quale viene predisposto il robot slave portante gli strumenti chirurgici.

In questi ultimi anni diversi enti di ricerca si sono dedicati allo sviluppo di nuovi strumenti chirurgici ad alte prestazioni in modo da migliorarne l'affidabilità, la precisione e la sicurezza delle operazioni mininvasive.

In particolare, sono state sviluppate diverse testine di applicazione per la chirurgia assistita, da montare sia all'estremità di endoscopi sia di "trocar" laparoscopici per manipolare i tessuti da trattare all'interno dell'addome del paziente.

Esistono due principali tipologie di testine per



operazioni chirurgiche mininvasive.

Una prima tipologia segue il principio di montare gli attuatori (elettrici, idraulici, pneumatici) e l'eventuale sensorizzazione sulla testina stessa. In questo modo la
5 testina è autonoma, per così dire, dal mondo esterno, fatta eccezione per i cavi d'alimentazione e dei segnali di controllo. Questa soluzione, tuttavia, è costruttivamente complessa, anche dal punto di vista dell'assemblaggio, è pesante ed ha costi di realizzazione elevati per via dei
10 componenti miniaturizzati. Infatti, le dimensioni tipiche di una testina di questo tipo sono comprese tra i 10 e i 12 millimetri.

Una seconda tipologia di testine prevede il posizionamento dei motori e dei sensori esternamente alla
15 testina. Questa soluzione ha diversi vantaggi tra i quali un assemblaggio più semplice legato al basso numero di componenti, basse inerzie, libertà di scelta degli attuatori per l'assenza di vincoli di ingombro ed inoltre semplifica l'operazione di sterilizzazione, in quanto i motori ed i
20 sensori sono esterni. Tuttavia, anche le testine robotiche appartenenti a quest'ultima tipologia devono essere, comunque, sistematicamente sterilizzate da enti specializzati, e comportano quindi costi elevati obbligando gli ospedali ad acquistare strumentazione in quantità molto
25 superiore a quella effettivamente in uso.

Una testina milli-robotica appartenente alla seconda tipologia è stata realizzata presso la Berkeley University. Essa presenta una struttura molto semplice comprendente due piattaforme metalliche unite da una molla centrale che



funziona da cerniera sferica. L'attuazione è realizzata con tre cavi mossi da altrettanti motori, posti al di fuori della testina stessa. Lo strumento vero e proprio esce dal canale centrale della piattaforma superiore, mentre radialmente trovano posto le lenti del CCD, le fibre ottiche, ed eventuali tubetti per l'irrorazione dei tessuti o per la cauterizzazione. Un tipo di testina di tal genere ha 2 gradi di libertà, ed in particolare due rotazioni rispetto ad assi normali all'asse dello strumento e l'attuazione è ridondante.

Sono state presentate diverse soluzioni per implementare anche la rotazione intorno all'asse centrale, considerata importante dai chirurghi dato che permette loro di eseguire alcune manovre fondamentali, che altrimenti andrebbero realizzate tramite torsioni/rotazioni dell'intero endoscopio. Una possibile soluzione prevede una puleggia centrale mossa da un cavo supplementare che provoca rotazione della piattaforma superiore. Questo risultato è ottenuto tramite una serie di pulegge che orientano il cavo.

Tale soluzione, sebbene sia semplice e funzionale, presenta limiti evidenti rappresentati dall'attrito tra le boccole in cui scorrono i cavi, e dalle numerose pulegge necessarie per la realizzazione, che introducono notevoli problemi di assemblaggio dato le piccole dimensioni dell'insieme, intorno a 10 mm.

Una seconda soluzione prevede l'utilizzo di una catena di piattaforme collegate tra loro attraverso giunti rotoidali. L'attuazione di tale meccanismo avviene grazie ad





alcuni cavi che passano attraverso dei fori applicati alle
dette piattaforme. Anche in questo caso sebbene la soluzione
sia semplice e modulare riducendo notevolmente i costi di
realizzazione, si presentano inevitabili fenomeni di attrito
5 in corrispondenza dei punti di strisciamento dei cavi sulle
superfici dei fori. In generale, inoltre, gli strumenti
attualmente a disposizione non consentono la trasmissione di
un ritorno di forza sul chirurgo, ovvero, non sono in grado
di replicare su questi sensazioni "aptiche" relative al
10 contatto. Questo ha rallentato la diffusione della
chirurgia robotica, in quanto l'impossibilità di
trasmettere al chirurgo tali sensazioni preclude la
possibilità di controllare le forze esercitate dallo
strumento chirurgico sui tessuti aumentando notevolmente il
15 rischio di errori.

Sintesi dell'invenzione.

È uno scopo della presente invenzione fornire una
testina di supporto e manovra per uno strumento per
l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive che sia
20 costruttivamente semplice ed economicamente vantaggiosa.

È un altro scopo della presente invenzione fornire una
testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche
mininvasive che consenta tre gradi di libertà di
orientamento dello strumento.

25 È anche scopo della presente invenzione fornire una
testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche
mininvasive che consenta, oltre all'orientamento, di
manovrare l'apertura-chiusura dello strumento, quale una
pinza, un bisturi, ecc.



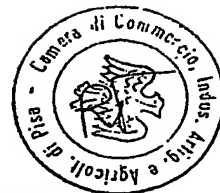
È inoltre scopo della presente invenzione fornire una testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive che consenta di stimare con sufficiente grado di precisione le forze esercitate dallo strumento chirurgico in modo da consentire un ritorno di forza sull'operatore ed elevare il grado di precisione dell'intervento.

È un ulteriore scopo della presente invenzione fornire una testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive adatta ad una produzione in materiale plastico per una applicazione monouso.

Questi ed altri scopi sono raggiunti dalla testina secondo l'invenzione, per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive, la cui caratteristica principale è di comprendere:

- uno strumento chirurgico;
- un supporto orientabile solidale a detto strumento chirurgico;
- un punto di snodo fisso al quale detto supporto è girevolmente connesso;
- mezzi per applicare almeno una forza a detto supporto in un punto eccentrico a detto punto di snodo, causando la rotazione di detto supporto attorno a detto punto di snodo;
- mezzi per deviare detta almeno una forza in modo che essa venga applicata a detto supporto secondo una direzione predeterminata.

Vantaggiosamente, detta almeno una forza è applicata a detto supporto tramite almeno un tirante. In particolare, detto tirante è un cavo. Nel caso di tre gradi di libertà



del supporto, i tiranti sono almeno tre, per applicare tre
rispettive forze. In una forma realizzativa preferita, i tre
gradi di libertà del supporto sono ottenuti in modo
ridondante, con quattro tiranti per applicare quattro
5 rispettive forze.

Vantaggiosamente, i mezzi per deviare detta o ciascuna
forza comprendono:

- una base, dalla quale si estende detto punto di snodo,
detta base essendo solidale ad una cannula di introduzione
10 nel corpo del paziente, e

- un braccio di connessione tra detta base e detto o
ciascun tirante, il braccio di connessione essendo atto a
disporre detto tirante secondo una inclinazione determinata
rispetto a detto supporto.

15 In una forma realizzativa preferita, detto o ciascun
braccio di connessione ha una prima estremità collegata a
detta base in modo da costituire una cerniera elastica e una
seconda estremità libera e connessa a un punto di detto
tirante. In tal modo, quando il tirante si muove per attuare
20 il supporto, l'estremità libera del braccio ruota rispetto
alla prima estremità vincolando detto punto su una
traiettoria circolare. La flessibilità di spostamento di
detto punto è quindi alta nella direzione tangenziale a
detta traiettoria, mentre la rigidità è elevata negli altri
25 piani. In tal modo, è possibile realizzare una trasmissione
del moto con basso attrito e, di conseguenza, aumentare il
grado di precisione con il quale e' possibile stimare la
forza trasmessa al sito chirurgico. Tale stima può essere
effettuata sulla base della conoscenza delle forze trasmesse



ai cavi motori dai mezzi generatori di forza, e quindi, sulla base della corrente di alimentazione stessa. Perché ciò sia possibile bisogna conoscere la forza elastica necessaria a deflettere gli elementi flessibili. Tali forze possono essere rilevate in una fase di calibrazione da effettuarsi prima dell'esecuzione dell'intervento chirurgico.

Preferibilmente, la prima estremità di detto o ciascun braccio di connessione è incernierata a detta base mediante una lamina flessibile.

In alternativa, la prima estremità di detto o ciascun braccio di connessione è incernierata a detta base mediante una cerniera ed un elemento elastico.

Vantaggiosamente, la connessione girevole tra detto supporto e detto punto di snodo fisso è realizzata per mezzo di un giunto sferico. In particolare, il punto di snodo è una sede sferica nella quale viene alloggiata con libertà di movimento una porzione sferica solidale a detto supporto.

Vantaggiosamente, il supporto comprende almeno un mezzo di interposizione tra detto strumento chirurgico e detto punto di snodo una cui porzione è atta a deformarsi in maniera controllata con una predeterminata combinazione di forze in modo da portare il punto di snodo fisso a contatto con mezzi di apertura di detto strumento e causare l'apertura/chiusura di detto strumento. In tal modo, è possibile azionare lo strumento chirurgico, regolandone sia la posizione che la forza attuata sui tessuti con un elevato grado di precisione, in quanto il meccanismo che si realizza risulta privo di attriti o giochi. I mezzi di





apertura/chiusura dello strumento possono comprendere un meccanismo articolato mediante elementi flessibili.

Secondo un aspetto particolare dell'invenzione un dispositivo per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive condotte tramite manipolatori "slave" comandati in remoto da un operatore comprende una testina come sopra descritta operativamente connessa tramite detti mezzi per applicare detta forza, posizionati in un elemento allungato cavo, ad almeno un mezzo generatore di detta almeno una forza.

Preferibilmente, detto mezzo generatore di detta almeno una forza comprende un motore operativamente connesso a ciascun braccio di connessione tramite detti mezzi per applicare detta forza. In tal modo è possibile movimentare ciascun braccio di connessione in maniera indipendente azionando il rispettivo motore. Di conseguenza, la movimentazione della testina viene realizzata azionando selettivamente almeno un braccio di connessione o tramite una combinazione di movimenti simultanei di almeno due di detti bracci di connessione che ne provoca la rotazione rispetto ad un determinato piano.

Vantaggiosamente, ciascun mezzo di trasmissione della forza è operativamente connesso al rispettivo motore tramite una puleggia collegata all'asse di uscita del motore stesso.

In particolare, ciascuna puleggia è montata su un cuscinetto ed è associata ad un mezzo elastico ad essa coassiale atta a permettere il pretensionamento di detti mezzi per applicare la suddetta forza.

Vantaggiosamente, sono previsti sensori di posizione



solidali all'asse dei motori, ad esempio encoder, con i quali e' possibile stimare la posizione della testina e/o dei detti bracci di connessione.

In un'altra forma costruttiva e' possibile realizzare un collegamento smontabile tra gli alberi dei motori e i codoli delle pulegge tramite, ad esempio, degli innesti a denti frontali. Questo permette di avere un dispositivo per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive completamente passivo riducendo il costo e semplificando l'operazione di sterilizzazione.

Breve descrizione dei disegni

L'invenzione verrà ora illustrata con la descrizione che segue di una sua forma realizzativa, fatta a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni annessi in cui:

- la figura 1 mostra in una vista prospettica una testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive, secondo l'invenzione;
- la figura 2 mostra in vista prospettica una possibile forma realizzativa di un braccio di connessione che permette di deviare i mezzi di attuazione del supporto della testina di figura 1;
- la figura 3 mostra in vista prospettica una possibile forma realizzativa di una base impiegata come supporto per i bracci di connessione di figura 2;
- le figure 4 e 5 mostrano in una vista in elevazione frontale un giunto sferico rispettivamente in configurazione esplosa ed assemblata;
- le figure 6 e 7 mostrano schematicamente il cinematismo



che consente di movimentare la testina di figura 1;

- la figura 8 mostra in una vista prospettica un dispositivo per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive, secondo l'invenzione;

5 - le figure dalla 9 alla 12 mostrano schematicamente in vista prospettica quattro possibili posizioni della testina di figura 1;

- le figure dalla 13 alla 16 mostrano in vista prospettica dall'alto e in vista laterale una possibile forma realizzativa per il sistema di generazione della forza e di trasmissione del moto impiegabile per azionare il dispositivo di figura 8;

10 - le figure 17 e 18 mostrano uno schema di massima per l'azionamento dello strumento montato sulla testina di figura 1;

15 - le figure 19 e 20 mostrano in vista in pianta uno strumento montabile sulla testina di figura 1.

Descrizione della forma preferita

20 In figura 1 è mostrata una testina 1 per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive condotte tramite manipolatori "slave" non mostrati comandati in remoto da un operatore, secondo la presente invenzione.

Una testina 1 comprende uno strumento chirurgico 3 montato su un supporto 2 girevolmente connesso ad una colonna centrale 5 solidale ad una base fissa 4, ad esempio, 25 mediante un giunto sferico 10 che consente tre gradi di libertà rotazionale (figura 4). Questo presenta una porzione circolare 12 alloggiata con possibilità di ruotare in una sede 11 ed una porzione allungata 13 che in condizioni



operative è rivolta verso lo strumento chirurgico 3.

In particolare, il supporto 2 può essere orientato rispetto alla colonna centrale 5 con un sistema di attuazione ridondante applicando quattro forze F_1-F_4 in
5 punti eccentrici P_1-P_4 , ad esempio tramite cavi 8, e provocando la rotazione del supporto 2 attorno alla colonna centrale 5 tramite il giunto sferico 10 (figura 6).

La direzione di applicazione delle forze F_1-F_4 è determinata tramite i bracci di connessione 7 (figure 2 e 3).
10 che deviano le forze F_1-F_4 generate da un gruppo motore 40 posto a monte di esse e descritto di seguito (figura 1). Nella forma realizzativa illustrata in figura 2 i bracci di connessione 7 sono delle mensole che presentano un corpo centrale di spessore relativamente elevato con geometria
15 arcuata che si assottiglia in corrispondenza della estremità 7' ed un incastro 7'' a sezione relativamente sottile che si connette al corpo della base fissa 4. Tale geometria determina una elevata flessibilità rispetto ad un piano determinato ed elevata rigidità negli altri piani. In tal
20 modo, è possibile realizzare una trasmissione del moto con basso attrito e, di conseguenza, aumentare il grado di accuratezza con cui può essere stimata la forza esercitata dallo strumento sul sito chirurgico..



Nella forma realizzativa di figura 2 sono previsti
25 quattro bracci di connessione 7 aventi una sezione di incastro 7'' connessa al corpo della base 4 ed una seconda estremità libera 7' che sottoposta ad una forza F' ruota rispetto all'asse elastico 7''' della sezione di incastro. In tal modo, si realizza una struttura compatta e con



ingombro ridotto che costruita in materiale plastico, ad esempio TPE, risulta particolarmente indicata per essere impiegata come dispositivo monouso.

Nel caso lo strumento montato sulla testina 1 preveda un
5 meccanismo di apertura/chiusura, come ad esempio una pinza chirurgica 3, tra lo strumento e la porzione allungata 13 del giunto sferico 10 vengono posizionati mezzi a cedevolezza controllata 15a e 15b (figura 6).

Più in dettaglio, quando i cavi 8 vengono sottoposti ad
10 una tensione superiore ad un determinato valore la risultante della forza di reazione esercitata dal giunto sferico 10 sul supporto 2 ed in particolare la sua componente R nella direzione ortogonale al piano di giacitura dei punti P1-P4, diventa tale da indurre una
15 deformazione controllata (flessione) ai mezzi 15a e 15b (figure 17-20). Di conseguenza, oltre un certo valore della componente R l'entità della deformazione dei mezzi 15a e 15b è tale che la parte allungata 13 del giunto sferico 10 entra in contatto con la base 31 della pinza 3. Oltre tale valore
20 i due pezzi che formano la pinza 3 iniziano a ruotare attorno ai fulcri 33 chiudendo la pinza. Ogni altro incremento del carico esercitato sulla base 33 consente una regolazione sia della posizione sia della forza attuata sui tessuti permettendo un controllo accurato. In virtù della
25 ridondanza del sistema di attuazione del supporto 2 è possibile attivare lo strumento chirurgico senza modificare l'orientazione del supporto 2.

La testina 1 come sopra descritta può essere montata su un trocar 16 di tecnica nota nel quale possono essere



posizionati i cavi 8 che trasmettono la forza F' generata da un gruppo motore 40, dopo essere stati opportunamente deviati tramite gli bracci di connessione 7, alla testina stessa in modo da realizzare un dispositivo 20 per
5 l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive (figura 8).

Nelle figure dalla 9 alla 12 sono riportati quattro possibili orientamenti della testina 1 ottenuti agendo sui cavi 8a-8d e quindi sui rispettivi bracci di connessione 7a-
10 7d secondo schemi cinematici prestabiliti.

In particolare, si osserva che a seconda dei cavi 8a-8d sottoposti a tensione e in funzione del valore di tale tensione è possibile provocare la rotazione della testina 1 in uno dei tre piani corrispondenti ai gradi di libertà del
15 giunto sferico 10.

Nelle figure dalla 13 alla 16 è mostrata l'interfaccia di collegamento 40 dei cavi 8 ai rispettivi motori 42. Essa prevede una puleggia 41 avente un codolo 43 direttamente calettato sull'albero del rispettivo motore 42. In
20 particolare, ciascuna puleggia 41 è montata su un cuscinetto ed è associata ad una molla 44 ad essa coassiale atta a permettere il pretensionamento dei cavi 8. Solidali con gli alberi dei motori 42 possono essere montati dei sensori di posizione, ad esempio encoder, con i quali e' possibile
25 determinare la posizione della testina 10 e degli bracci di connessione 7. In un'altra forma costruttiva preferita e' possibile realizzare un collegamento smontabile tra gli alberi dei motori 42 e i codoli 43 delle pulegge tramite, ad esempio, degli innesti a denti frontali. Questo permette di



avere un dispositivo 20 per l' esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive completamente passivo riducendo il costo e semplificando l' operazione di sterilizzazione.

La descrizione di cui sopra di una forma realizzativa
5 specifica è in grado di mostrare l'invenzione dal punto di vista concettuale in modo che altri, utilizzando la tecnica nota, potranno modificare e/o adattare in varie applicazioni tale forma realizzativa specifica senza ulteriori ricerche e senza allontanarsi dal concetto inventivo, e , quindi, si
10 intende che tali adattamenti e modifiche saranno considerabili come equivalenti della forma realizzativa specifica. I mezzi e i materiali per realizzare le varie funzioni descritte potranno essere di varia natura senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione. Si intende che le
15 espressioni o la terminologia utilizzate hanno scopo puramente descrittivo e per questo non limitativo.

RIVENDICAZIONI

1. Una testina per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive comandata in remoto da un operatore, **caratterizzato dal fatto** di comprendere:

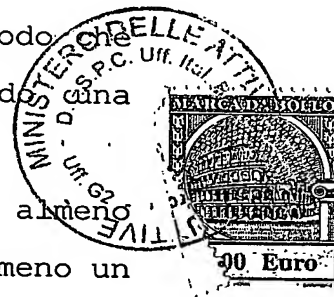
- uno strumento chirurgico;
- un supporto orientabile solidale a detto strumento chirurgico;
- un punto di snodo fisso al quale detto supporto è girevolmente connesso;
- mezzi per applicare almeno una forza a detto supporto in un punto eccentrico a detto punto di snodo, causando la rotazione di detto supporto attorno a detto punto di snodo;
- mezzi per deviare detta almeno una forza in modo che essa venga applicata a detto supporto secondo una direzione predeterminata.

2. Testina secondo la rivendicazione 1, in cui detta almeno una forza è applicata a detto supporto tramite almeno un tirante, in particolare un cavo.

3. Testina secondo la rivendicazione 2, in cui, nel caso di tre gradi di libertà del supporto, sono previsti tre tiranti per applicare tre rispettive forze.

4. Testina secondo la rivendicazione 2, in cui nel caso di tre gradi di libertà del supporto, detti tre gradi di libertà del supporto sono ottenuti in modo ridondante, con quattro tiranti per applicare quattro rispettive forze.

5. Testina secondo la rivendicazione 2, in cui detti mezzi per deviare detta o ciascuna forza comprendono:





- una base, dalla quale si estende detto punto di snodo, detta base essendo solidale ad una cannula di introduzione nel corpo del paziente, e

- un braccio di connessione tra detta base e detto o ciascun tirante; il braccio di connessione essendo atto a disporre detto tirante secondo una inclinazione determinata rispetto a detto supporto.

6. Testina secondo la rivendicazione 5, in cui detto o ciascun braccio di connessione ha una prima estremità collegata a detta base in modo da costituire una cerniera elastica e una seconda estremità libera e connessa a un punto di detto tirante, per cui quando il tirante si muove per attuare il supporto, l'estremità libera del braccio ruota rispetto alla prima estremità vincolando detto punto su una traiettoria circolare.

7. Testina secondo la rivendicazione 6, in cui la prima estremità di detto o ciascun braccio di connessione è incernierata a detta base mediante una lamina flessibile.

8. Testina secondo la rivendicazione 6, in cui la prima estremità di detto o ciascun braccio di connessione è incernierata a detta base mediante una cerniera ed un elemento elastico.

9. Testina secondo la rivendicazione 1, in cui la connessione girevole tra detto supporto e detto punto di snodo fisso è realizzata per mezzo di un giunto sferico.

10. Testina secondo la rivendicazione 9, in cui detto punto di snodo ha una sede sferica nella quale viene alloggiata con libertà di movimento una porzione sferica



solidale a detto supporto.

5 11. Testina secondo la rivendicazione 9, in cui detto supporto comprende almeno un mezzo di interposizione tra detto strumento chirurgico e detto punto di snodo una cui porzione è atta a deformarsi in maniera controllata con una predeterminata combinazione di forze in modo da portare il punto di snodo fisso a contatto mezzi di apertura/chiusura di detto strumento e causare l'apertura/chiusura di detto strumento.

10 12. Testina secondo la rivendicazione 1, in cui detti mezzi di apertura/chiusura di detto strumento comprendono un meccanismo articolato mediante elementi flessibili.

15 13. Dispositivo per l'esecuzione di operazioni chirurgiche mininvasive condotte tramite manipolatori "slave" comandati in remoto da un operatore **caratterizzato dal fatto** di comprendere una testina secondo le rivendicazioni precedenti operativamente connessa tramite detti mezzi per applicare detta almeno una forza, posizionati in un elemento allungato cavo, ad almeno un mezzo generatore di detta almeno una forza.

20 14. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, in cui detto mezzo generatore di detta almeno una forza comprende un motore operativamente connesso a ciascun braccio di connessione tramite detti mezzi per applicare detta
25 forza, per cui la movimentazione di detta testina viene realizzata azionando selettivamente almeno un braccio di connessione o una combinazione di movimenti simultanei di almeno due di detti bracci di connessione che ne provoca la rotazione rispetto ad un determinato piano.



15. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, in cui ciascun mezzo di trasmissione della forza è operativamente connesso al rispettivo motore tramite una puleggia collegata all'asse del motore stesso.

5 16. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, in cui ciascuna puleggia è montata su un cuscinetto ed è associata ad un mezzo elastico ad essa coassiale atta a permettere il pretensionamento di detti mezzi per applicare la suddetta forza.

10 17. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, in cui detti motori sono associati a sensori di posizione atti a determinare la posizione di detta testina e/o di detti bracci di connessione.

15 18. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, in cui detti motori sono operativamente connessi a dette pulegge tramite un collegamento smontabile.

19. Dispositivo secondo la rivendicazione 18, in cui detto collegamento smontabile tra detti motori e dette pulegge è realizzato per mezzo di innesti a denti frontali.

20

Per procura:

Bergamasco Massimo

Salsedo Fabio

Spinelli Stefano

25



Fig. 1

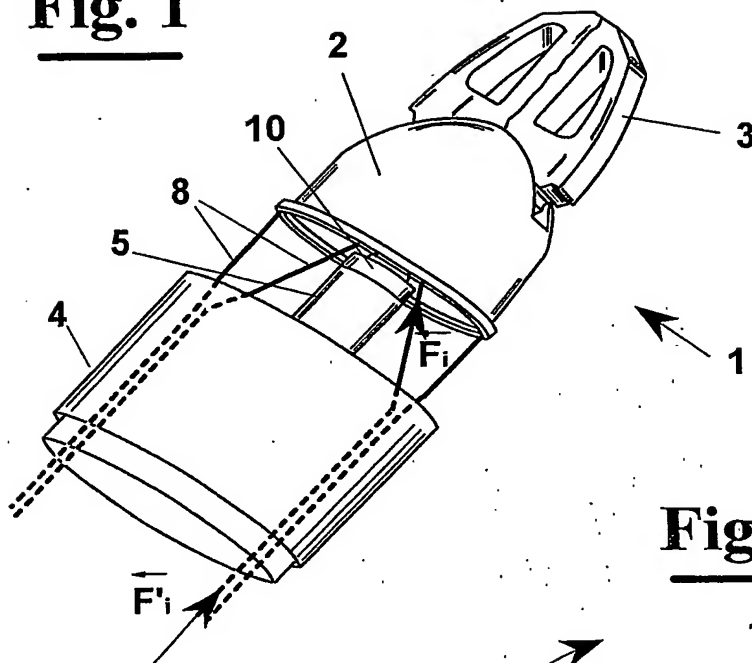


Fig. 2

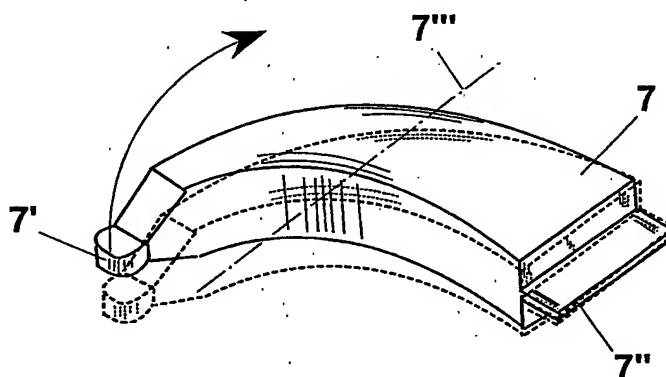
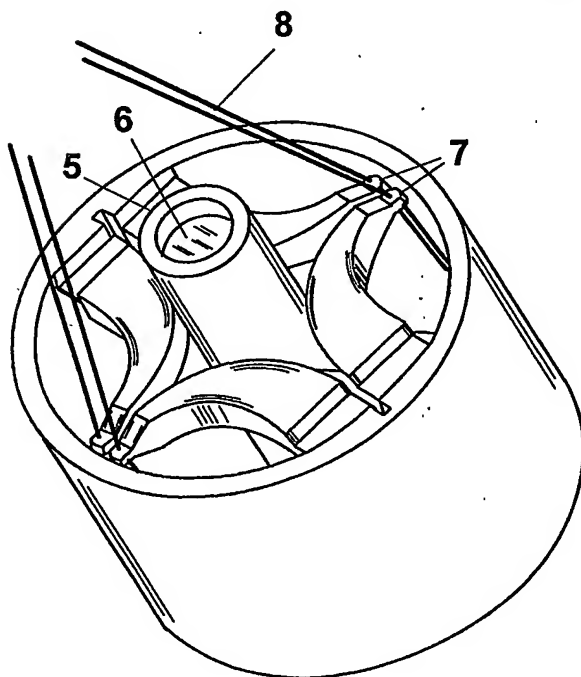


Fig. 3



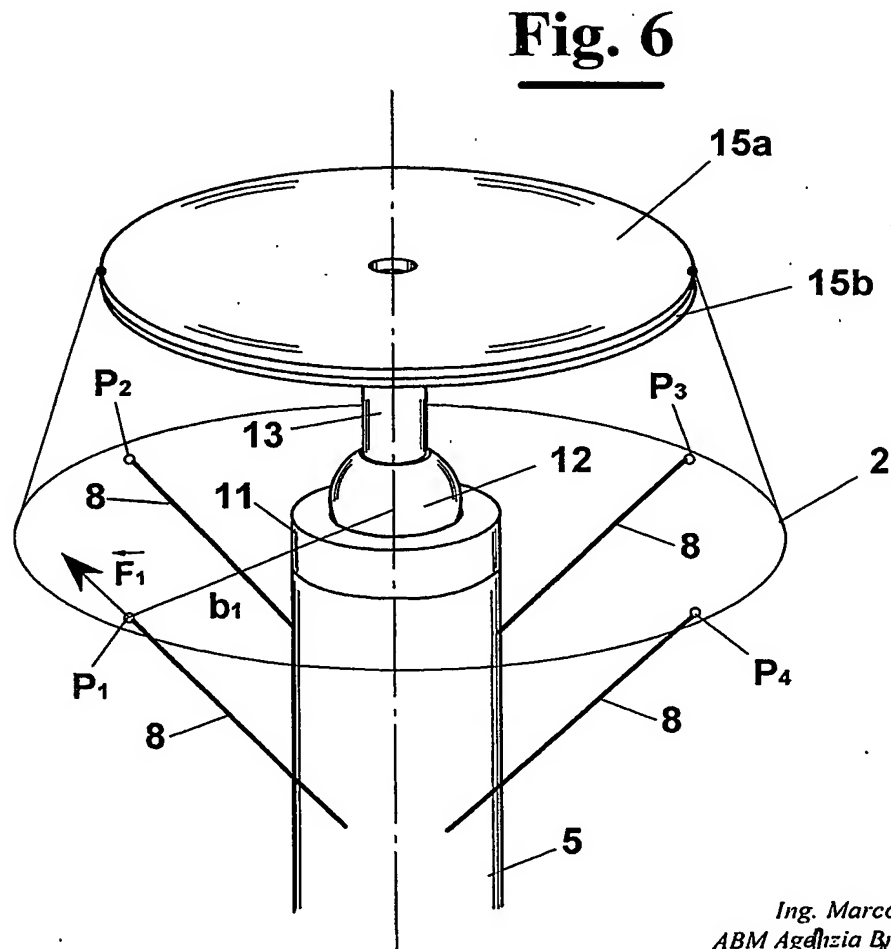
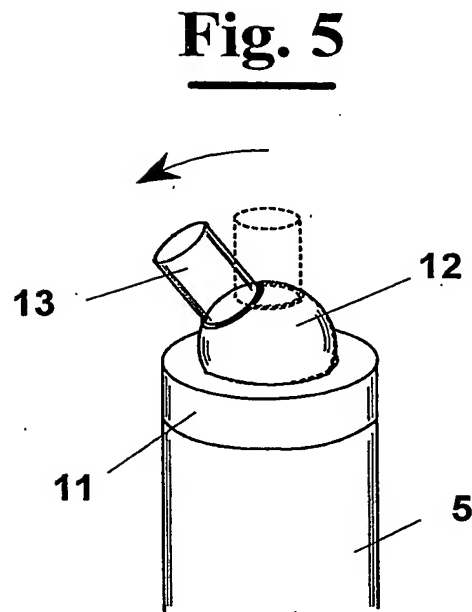
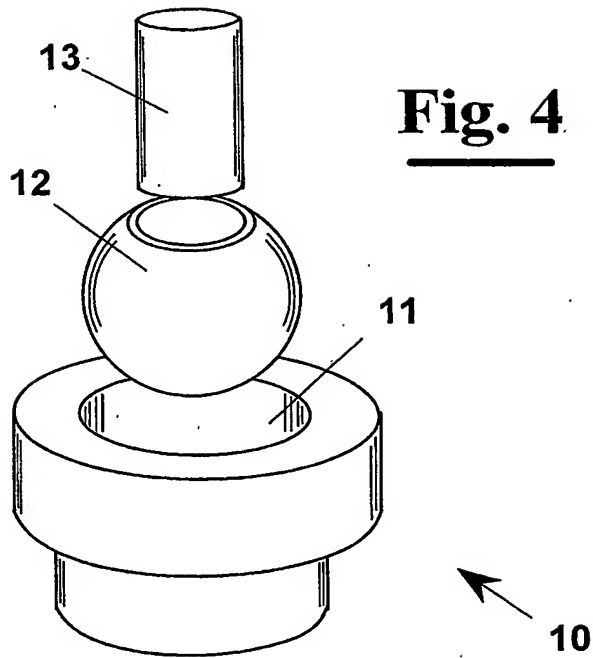




Fig. 7

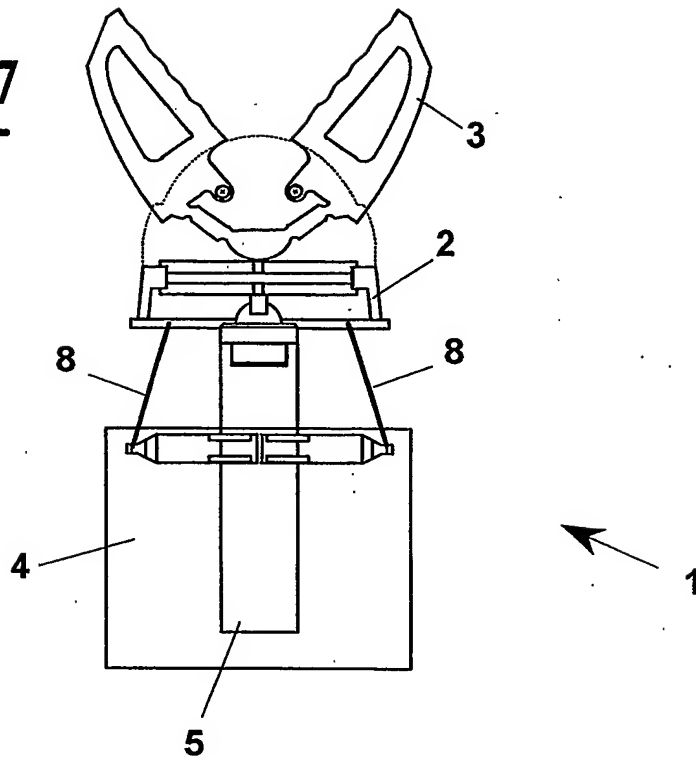
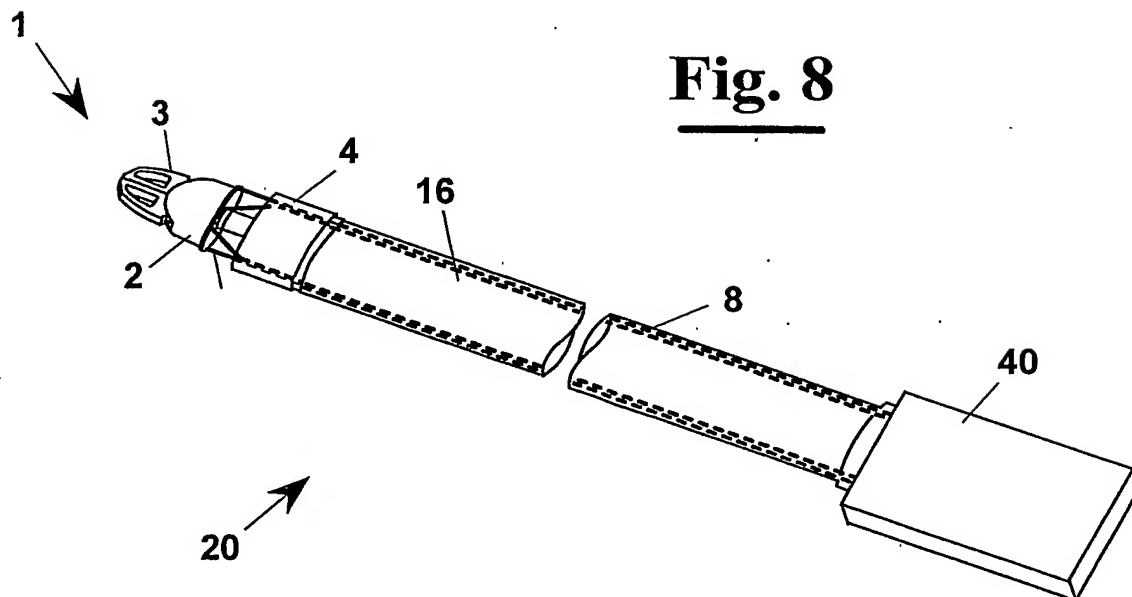


Fig. 8



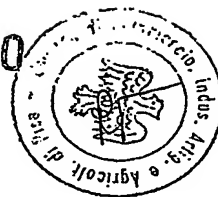


Fig. 9

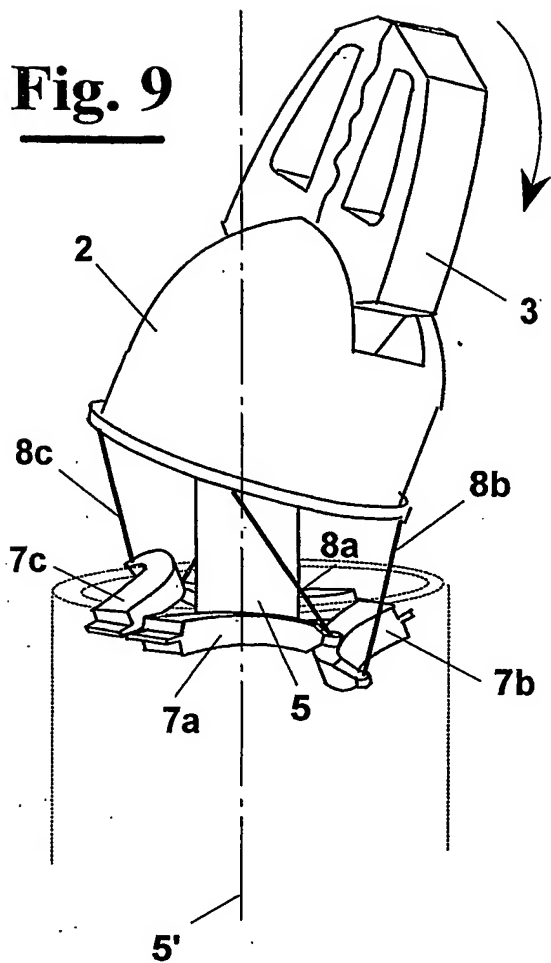
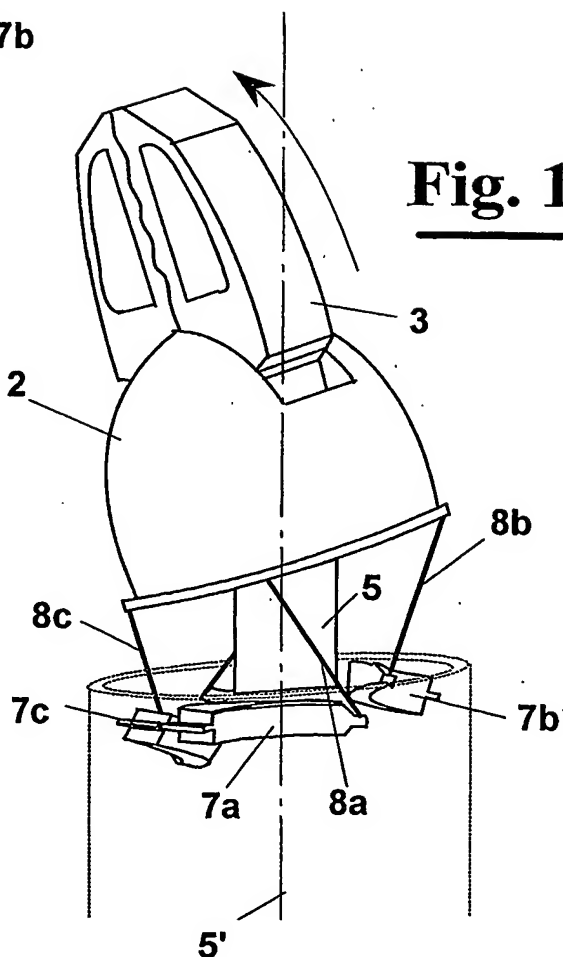


Fig. 10



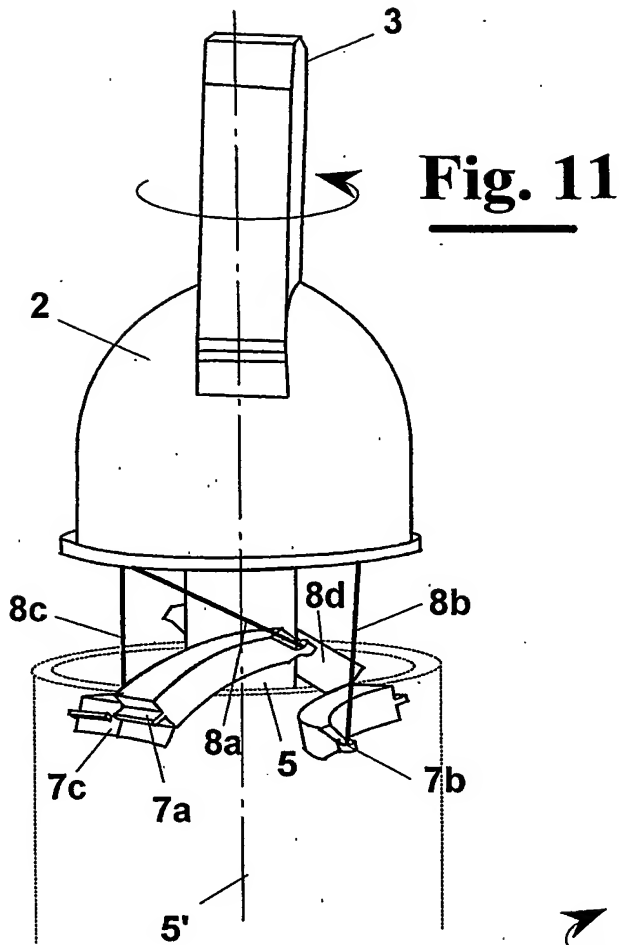


Fig. 12

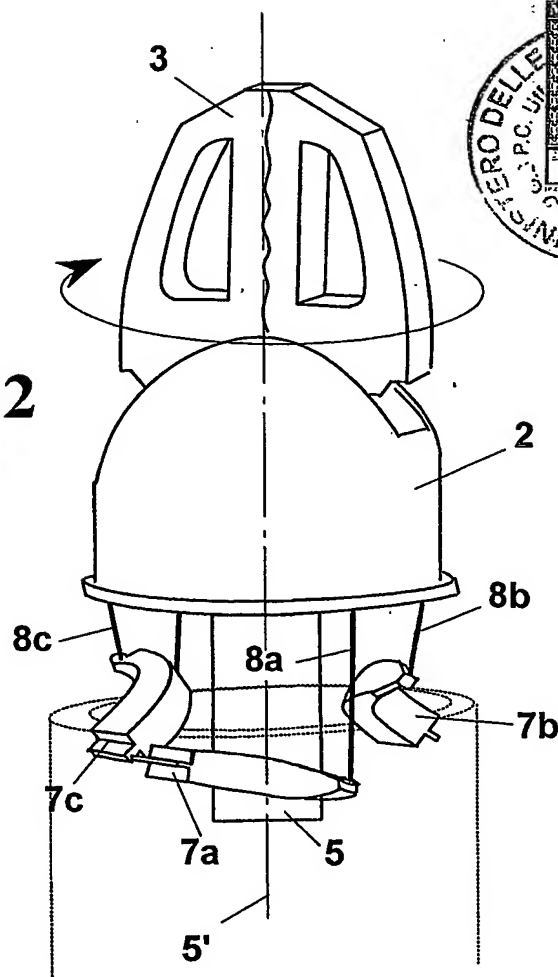




Fig. 13

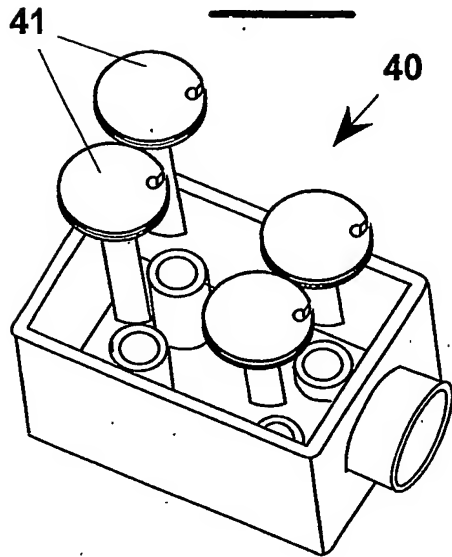


Fig. 14

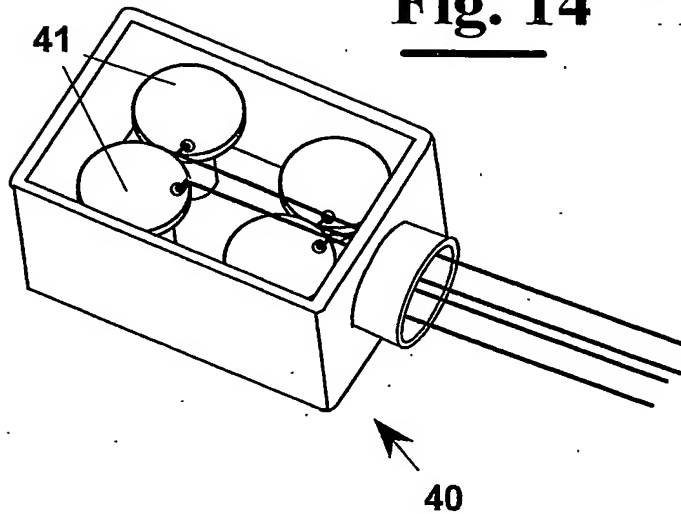


Fig. 15

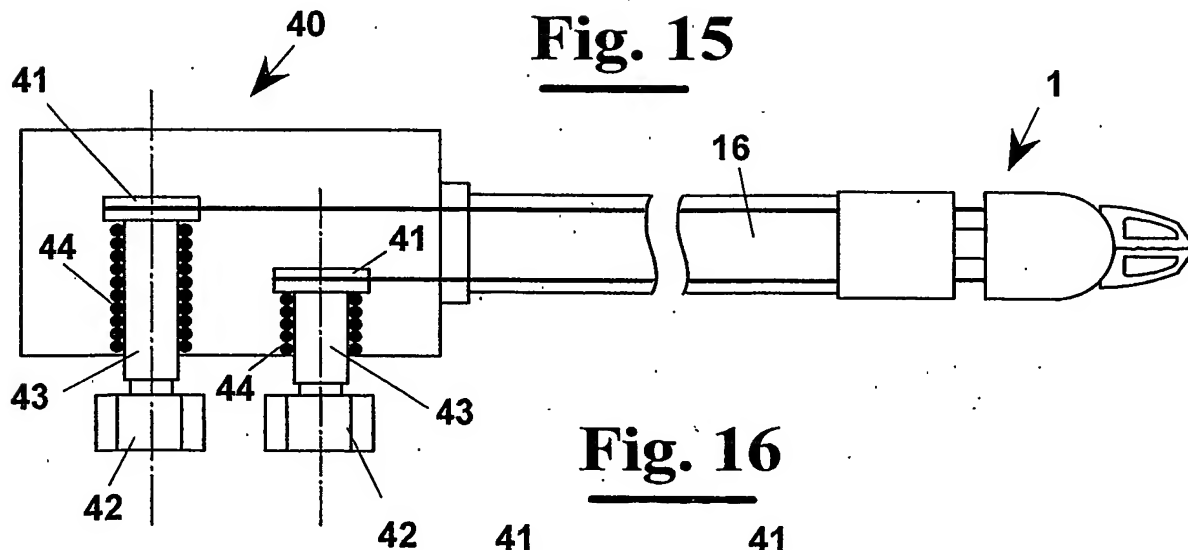


Fig. 16

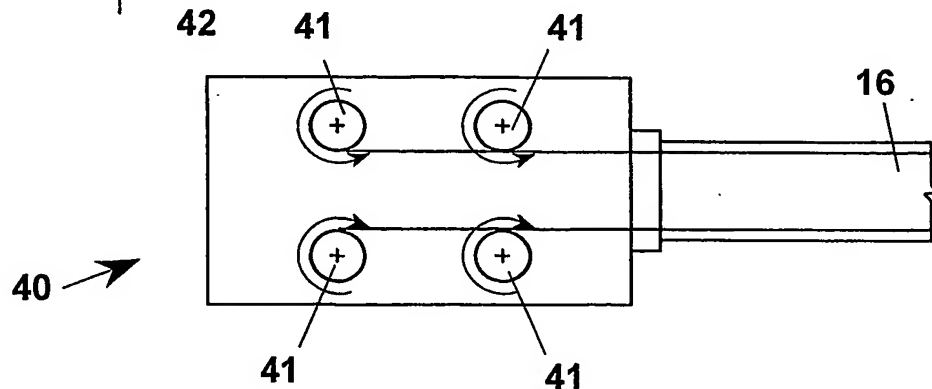




Fig. 17

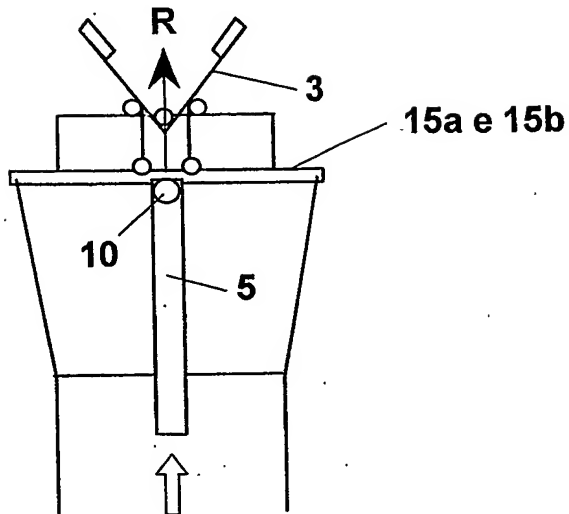


Fig. 18

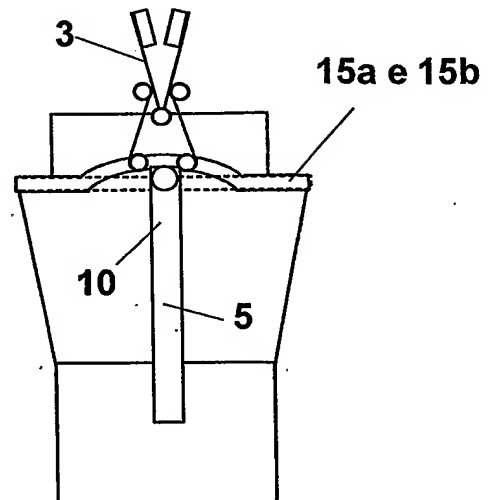


Fig. 19

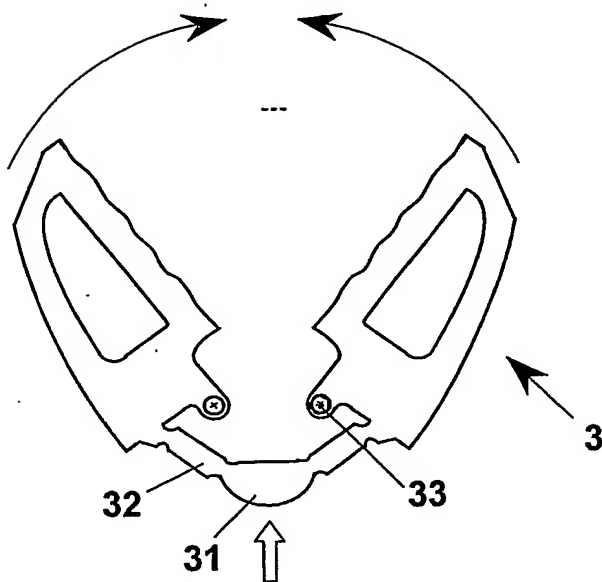


Fig. 20

